



Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 2 - Sayı 3: 130-136 / Temmuz 2019

(Volume 2 - Issue 3: 130-136 / July 2019)

# TÜTÜN TOHUMU YAĞI BİYODİZELİ ÜRETİM PARAMETRELERİNİN DONMA VE PARLAMA NOKTASI SICAKLIĞI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN OPTİMİZASYONU

Hülya KARABAŞ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya, Türkiye

**Gönderi:** 02 Nisan 2019; **Kabul:** 01 Haziran 2019; **Yayınlanma:** 01 Temmuz 2019  
(**Received:** Aril 02, 2019; **Accepted:** June 01, 2019; **Published:** July 01, 2019)

## Özet

Biyodizel tüm dünyada çevreci yakıt olarak bilinmektedir. Hammaddesi yağlı tohumlar olan bu yakıtın kullanımı, tarım ülkesi olarak ülkemizin enerji politikalarının belirlenmesinde etkili olmalıdır. Bu çalışmada, gıda sektöründe kullanılmayan tütün bitkisinin tohumlarından solvent ekstraksiyon yöntemiyle ham yağ elde edilmiştir. Bu yağdan transesterifikasyon yöntemi kullanılarak üretilen biyodizelin donma ve parlama noktası sıcaklıkları üzerine etkili olan parametreler istatistiksel olarak incelenmiştir. Tütün tohumu yağı biyodizelinin donma ve parlama noktaları sıcaklıkları üzerine katalizör miktarı (% 0,5, % 1, % 1,5), yağ/alkol molar oranı (1/4, 1/5, 1/6, 1/10) ve reaksiyon sıcaklığı (40, 50, 60 °C) parametrelerinin etkisini ortaya koymak için deneysel çalışmalar gerçekleştirildi. İstatistiksel analiz sonucunda donma noktası sıcaklığı üzerinde katalizör miktarı ve yağ/alkol molar oranı parametrelerinin, parlama noktası sıcaklığı üzerinde ise yağ/alkol molar oranı ve sıcaklık parametrelerinin etkili olduğu görülmüştür. Etkili olan parametrelere ait seviyeler istatistiksel olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tütün tohumu yağı, Biyodizel, Donma noktası, Parlama noktası, ANOVA

## Optimization of Effective Parameters on the Flash and Freezing Point Temperatures of the Tobacco Seed Oil Biodiesel


**Abstract:** Biodiesel is known as the environmental fuel all over the world. The use of this fuel, the raw material of which is oilseeds, should be effective in determining the energy policies of our agricultural country. In this study, crude tobacco seed oil which is not used in food sector was obtained by solvent extraction method. The parameters which are effective on the freezing and flash point temperatures of biodiesel produced by using transesterification method have been analyzed statistically. Amount of catalyst on freezing and flash point temperatures of tobacco seed oil biodiesel (0.5%, 1%, 1.5%), oil/alcohol molar ratio (1/4, 1/5, 1/6, 1/10) and reaction temperature (40, 50, 60 °C) experimental studies were performed to reveal the effect of the parameters. As a result of the statistical analysis, it was found that the amount of catalyst and the oil/alcohol molar ratio parameters were effective on the freezing point temperature, and the

oil/alcohol molar ratio and reaction temperature parameters were effective on the flash point temperature. Levels of effective parameters were determined statistically.

**Keywords:** Tobacco seed oil, Biodiesel, Freezing point, Flash point, ANOVA

\*Corresponding author: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya, Türkiye

E mail: hkarabas@sakarya.edu.tr (H. KARABAŞ)

Hülya KARABAŞ  <https://orcid.org/0000-0001-6650-1017>

**Cite as:** Karabaş H. 2019. Optimization of effective parameters on the flash and freezing point temperatures of the tobacco seed oil biodiesel. *BSJ Agri*, 2(3): 130-136.

## 1. Giriş

Enerji hem insanlığın en önemli ihtiyaçlarından birisi hem de ekonomik kalkınmanın bir göstergesidir. Dünyada enerji gereksiniminin % 80'i kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kökenli yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil kökenli yakıtların artan kullanımı ve yanı sıra bitki örtüsünün de azalması yüzünden atmosferdeki CO<sub>2</sub> gazı miktarı hızla artmaktadır. Günümüzde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır (Ma ve Hanna, 1999; Monyem ve Gerpen, 2001; Agarwal, 2007; Salvi ve Panwar, 2012). Bu kaynaklar içinde 'Biyokütle' büyük bir potansiyele sahiptir. Bileşenleri C ve H bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler biyokütle enerji kaynağıdır (Ma ve Hanna, 1999; Kumar ve Chauhan, 2013).

Biyodizel biyokütle kökenli en önemli alternatif dizel yakıtıdır. Biyodizel; kimyasal olarak yenilenebilir yağ kaynaklarından üretilen uzun zincirli yağ asitlerinin mono alkil esteri olarak tanımlanabilir. Biyodizel yenilenebilir, toksik etkisi olmayan, doğada kolay bozunabilir bir yakıttır (Agarwal, 2007; Sahoo ve Das, 2009; Hoekman ve ark., 2012; Hirkude ve ark., 2014; Sivaramakrishnan ve Ravikumar, 2014; Karaca ve Aytaç, 2007). Ayrıca biyodizel, Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) Temiz Hava Kanunu Bölüm 211 (b) programı çerçevesinde zararlı emisyonlar ve potansiyel sağlık etkileri açısından tam olarak değerlendirilen ve olumlu görüşlerin ortaya çıktığı tek alternatif enerji kaynağı olarak belirtilmektedir (Monyem ve Gerpen, 2001; Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel, hayvansal veya atık yağların transesterifikasyonu ile üretilir. Transesterifikasyon, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör eşliğinde reaksiyona girmesi, serbest yağ asitlerinin nötrleştirilmesi ve gliserinin uzaklaştırılarak alkol esterlerinin elde edilmesi sürecidir (Altın ve ark., 2001; Demirbaş, 2002; Acaroğlu, 2003).

Literatür incelendiğinde pek çok araştırmacı dizel yakıtı alternatif bulmak için farklı bitkisel yağlardan biyodizel yakıtı üretmiştir. Biyodizel üretiminde en fazla tercih edilen üretim yöntemi olan transesterifikasyon yönteminde katalizör miktarı ve cinsi, yağ/alkol molar oranı, reaksiyon sıcaklığı, reaksiyon süresi gibi temel biyodizel üretim parametrelerinin farklı seviyelerinin kullanıldığı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle üretimi ülkemizde yoğun olarak yapılan yağlı tohum bitkilerinden olan mısır, ayçiçeği, kanola, pamuk ve soya yağlarının yanısıra ketencik, hardal tohumu gibi az bulunan yağlardan da biyodizel yakıtı üretilmiştir.

(Antolin ve ark., 2002; Ghadge ve Raheman, 2006; Altıparmak ve ark., 2007; Özsezen ve Çanakçı, 2009; Gülüm ve ark., 2015; Şimşek ve Aydoğan, 2016). Her ülke biyodizel üretiminde hammadde olarak kendi ekolojik koşullarına uygun yağlı tohumlu bitkileri ya da kullanılmış atık yağları tercih etmektedir. Yapılan bu konudaki çalışmalar da farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak biyodizel üretim miktarı optimize edilmekte, ayrıca bu yakıtların saf olarak veya farklı oranlarda dizel yakıtla karıştırılmak suretiyle dizel motorlarda kullanılması durumunda, motor performansı ve emisyonları üzerinde olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Ülkemiz sahip olduğu iklim ve toprak koşullarından dolayı pek çok yağ bitkisinin tarımına elverişlidir. Tütün pathcangiller familyasından tek yıllık bir bitkidir. Orijininde tropikal bir bitki olmasına karşılık, günümüzde yeryüzünde 60° kuzey ve 40° güney enlemleri arasındaki çok geniş bir alanda tarımı yapılan dünyanın önemli endüstri bitkilerinden birisidir. Tütün bitkisi endüstri bitkisi olarak bilinmesine rağmen kapsül adı verilen meyvelerinin içinde çok sayıda küçük tohum bulunur. Bu tohumların ortalama yağ içeriği % 30-41 arasındadır (Akehurst, 1981; Eshetu, 2000; Mukhtar ve Mukhtar, 2007; Kayahan, 2007). Tütün, bitki sistematğinde Solanaceae familyası 'Nicotiana' cinsi içerisinde yer almaktadır. Nicotiana cinsine dahil yaklaşık 65 tür vardır. Dünyada üretilen tütünün % 90'ını Nicotiana tabacum L. türüne dahil Virginia, Burley, Şark (Türk tütünleri) tütün çeşitleridir (Usta, 2004; Usta, 2005; Karabaş, 2009). Tütün bitkisi her tür toprakta yetişebilen ekolojik toleransı yüksek bir bitkidir. Kolay ve ucuz tarımının yanısıra içerdiği yüksek yağ oranı sayesinde iyi bir biyodizel hammaddesidir. Çevre, tarım ve enerji politikalarını destekleyen, dışa bağımlılığı azaltan, ekonomik fayda sağlayan ve özellikle tütün tohumu yağı gibi yenilemez ya da atık yağlardan üretilen biyodizellerin ülke ekonomisine katkısı yüksek olacaktır. Özellikle büyük şehirlerdeki toplu taşıma araçlarında, tarım sektöründe seraların ısıtılmasında ve traktörlerde, deniz ulaşımında, doğal dengeyi koruyan ormanlık alanlar ile kapalı su havzalarının bulunduğu alanlarda fosil yakıt yerine veya fosil yakıtlarla belirli oranlarda karıştırılarak biyodizel kullanımı oldukça önemli ve hayatidir.

Literatürde tütün tohumu yağı ve bu yağdan farklı teknikler kullanılarak biyodizel üretimine ilgili çalışmalar yer almaktadır (Giannelos ve ark., 2002; Usta, 2005; Veljkovic, 2006; Stanisavljevic, 2006; Mukhtar ve Mukhtar, 2007). Ayrıca tütün tohumu yağı biyodizeli'nin,

dizel yakıtla farklı karışım oranlarında karıştırılarak dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmasının motor performansı ve emisyonları üzerindeki etkileri de incelenmiştir (Usta, 2004; Karabaş, 2009).

Bu çalışmada tütün tohumundan elde edilen ham yağ transesterifikasyon yöntemi kullanılarak biyodizel dönüştürülmüştür. Deneysel çalışmalarda üretim parametreleri olarak katalizör miktarı (% 0,5, % 1 ve % 1,5), yağ/alkol molar oranı (1/4, 1/5, 1/6 ve 1/10) ve reaksiyon sıcaklığı (40, 50, 60 °C) kullanıldı. Etkili parametreler ve bunların farklı seviyelerinin tütün tohumu yağı biyodizeli (TTYB) donma ve parlama noktaları sıcaklıkları üzerine olan etkileri istatistiki olarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmada Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünde üretimi yapılan Sarıbağlar-407 türü hibrit tütün tohumları (TT) kullanıldı. Çalışmada yağ çözücü solvent olarak Tekkim marka n-hekzan, alkol ve katalizör olarak sırasıyla Merck marka metil alkol (CH<sub>3</sub>OH) ve potasyum hidroksit (NaOH) kullanıldı. Yağ ve yakıt eldesinde cihaz olarak BUCHI (Rotavapor R-210) marka dönel vakum evaporatör, tohumların yağ miktarının belirlenmesinde Gerhardt Soxtherm System ST40, elektrikli öğütücü, hassas terazi ve yağ ve yakıt içindeki partiküllerin çöktürülmesinde NUVE marka santrifüj cihazı kullanıldı.

### 2.2. Metot

Çalışmanın ilk aşamasında, temizlenen tütün tohumları bünyelerindeki nemin uzaklaştırılması amacıyla 120 °C sıcaklıkta 1 saat süreyle fırınlanarak ön kurutma işlemi uygulandı. Kurutulan tohumlar elektrikli öğütücü yardımıyla küçük partiküllere ayrıldı ve n-hekzan solventi kullanılarak ham tütün tohumu yağı elde edildi. Gaz kromatografik analizler Chromquest Trace marka, GC 2000 model, FID (Flame Ionization Detector, Alev İyonlaştırıcı Dedektör) dedektörlü otomatik injektörlü gaz kromatografi cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

İkinci aşamada elde edilen tütün tohumu yağından (TTY) transesterifikasyon yöntemi kullanılarak metil ester (biyodizel) üretimi gerçekleştirilmiştir. TTY'ndan TTYB elde etmek için optimal üretim parametrelerini ve etkili parametrelerin seviyelerini belirleyebilmek amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirildi. Deneyler çalışmalar; 40, 50 ve 60 °C reaksiyon sıcaklıklarında; 1/4, 1/5, 1/6 ve 1/10 yağ/alkol molar oranlarında ve reaksiyona sokulan yağ miktarının % 0,5, % 1, ve % 1,5'u oranlarındaki NaOH katalizörü kullanılarak gerçekleştirildi. Her bir deneysel çalışmada (72 deney) 100 g TTY numunesi kullanılmıştır. Numune istenilen sıcaklığa ulaştığında, önceden hazırlanmış alkol + katalizör karışımı dönel vakum evaporatörün cam balonunda ham yağ ile karıştırılmış ve 600 dd-1 karıştırma hızında 1 saat süre ile reaksiyona tabi tutulmuştur. Reaksiyon süresi sonunda karışım ayırma hunisine alınmış ve ester + gliserin karışımı çizgi halinde belirginleşinceye kadar beklenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. TTYB - gliserin ayrışması

Ayırma hunisinde altta biriken gliserin, ayırma hunisi musluğu yardımı ile saklama kabına boşaltılmıştır. Bu işlem sonunda ayırma hunisi içinde metil ester kalmıştır. Metil ester içinde kalan fazla gliserinin, mono ve di-gliseritlerin ayrıştırılması için dört kez ılık saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra TTYB 12 saat süreyle dinlenmeye bırakılmıştır. Yakıtın dinlenmesi sonunda ayırma hunisinin alt kısmında biriken saf su ve gliserin zerrecikleri ayırma hunisinden boşaltılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Tütün tohumu yağı biyodizeli

Her bir numunenin donma ve parlama noktası sıcaklıklarının ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Parametrik çalışmalar sonunda elde edilen TTYB numunesi yakıt özelliklerinin belirlenmesi için Çukurova Üniversitesi Yakıt Araştırma Laboratuvarı ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde yakıt analizleri yaptırılmıştır.

İstatistiksel analizler Minitab 14 paket programı ile yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde gruplar arası karşılaştırmalarda çok yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. ANOVA testi sonucu  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde değerlendirilerek gruplar arasındaki fark anlamlı bulunduğu grupların birbirleri arasındaki farkı belirlemek için Tukey HSD (Çoklu karşılaştırma testi) yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. TTY ve TTYB Özellikleri

Yağ asitliği dağılım analizi sonuçlarına göre TTY'nın % 75,58 linoleik asidi içeriği ile sistematikte belirtildiği gibi linoleik yağ asiti grubunda yer aldığı görülmüştür (Veljkovic, 2006; Stanisavljevic, 2006; Mukhtar ve

Mukhtar, 2007). Tütün tohumunun yağ içeriği 41,5 g ve 40 °C'deki kinematik viskozitesi 12,7 mm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Tablo 1'de TTYB yakıt özellikleri EN 14214 biyodizel standardı ve No.2 dizel yakıtla kıyaslamalı olarak yer almaktadır (Karabaş, 2009).

**Tablo 1.** Tütün tohumu yağı biyodizeli yakıt analiz sonuçları

Metot	Standart değerler	TTYB	Dizel (No 2)
Ester içeriği, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 14103, min 96,5	97,0	
Karbon kalıntısı, % (mm <sup>-1</sup> )	EN ISO 10370, 0,3	0,17	
Bakır şerit korozyon (3 saatte 50 °C)	EN ISO 2160	1,0	
Soğuk filtre tıkanma noktası, °C	EN 116	-10,0	
Su içeriği, mgkg <sup>-1</sup>	EN ISO 12937	400,0	169
Toplam kirlilik, mgkg <sup>-1</sup>	EN 12662	23,0	50(max)
İyod değeri, g iodine100 g <sup>-1</sup>	EN 1411, 120	118,0	
Metanol içeriği, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 1410, max 0,20	0,18	
Trigliserid içeriği, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 1410, max 0,20	0,11	
Digliserid içeriği, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 1410, max 0,20	<0,05	
Toplam gliserol, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 1410, max 0,25	0,02	
Fosfor içeriği, mgkg <sup>-1</sup>	EN 14107	<4,0	
Monogliserid içeriği, % (mm <sup>-1</sup> )	EN 14105, max 0,80	<0,29	
Yoğunluk, gcm <sup>-3</sup> , 15°C	EN ISO 3675, 860-900	0,86	0,82-0,86
Setan sayısı	ISO 3104, 47-51	49,0	40-55
Alt ısı değeri, MJkg <sup>-1</sup>	DIN 51900-1	40,02	43,3
Sülfür, mgkg <sup>-1</sup>	EN ISO 20846, 10	0,0	6800
Viskozite, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	EN ISO 3104, 3,5-5	3,5	1,3-4,1
Akma noktası, °C	ASTM D 97	-12,0	-35(-15)
Parlama noktası, °C	ASTM D 93, 120-130	152	60-80

#### 3.2. Parametrelerin TTYB'nin Donma Noktası Sıcaklığına Etkisi

Soğuk hava şartlarında güvenli çalışma açısından yakıtların donma noktası sıcaklıklarının düşük olması istenmektedir. Yapılan çok yönlü varyans analizi ile TTYB

donma noktası üzerine katalizör miktarı, yağ/alkol molar oranı ve reaksiyon sıcaklığı parametrelerinin farklı seviyelerinin etkileri belirlenmiştir. Tablo 2 de bu faktörlere ait ANOVA sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 2.** Tütün tohumu yağı biyodizeli donma noktası üzerine etkili parametrelerin ANOVA tablosu

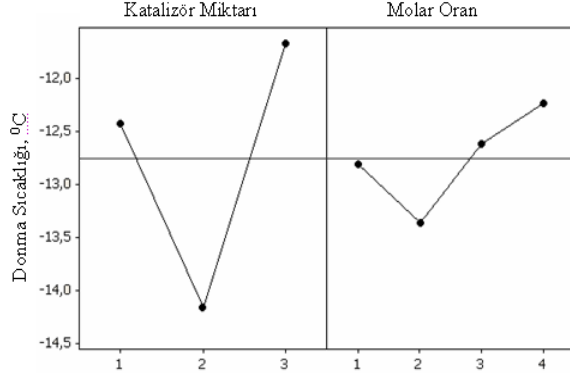
Faktörler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Katalizör miktarı	2	31,8234	16,6924	54,48	0.000
Yağ/alkol molar oranı	3	3,8957	1,8718	6,11	0.004
Katalizör miktarı-molar oran	6	32,7472	5,4579	17,81	0.000
Hata	20	6,1283	0,3064		
Toplam	31	74,5947			

Tablo 2 incelendiğinde TTYB donma noktası sıcaklığı üzerine katalizör miktarı ve yağ/alkol molar oranı parametrelerinin ve yanı sıra katalizör miktarı-yağ/alkol molar oranı etkileşiminin istatistiksel olarak çok önemli düzeyde etkili olduğu görülmüştür (p < 0.01). Parametreler ve seviyeleri için yapılan Tukey HSD çoklu

karşılaştırma testi sonuçlarını gösteren ana etkiler grafiği Şekil 3'de görülmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde TTYB donma noktası üzerinde % 99 güven aralığında katalizör miktarının, % 95 güven aralığında ise yağ/alkol molar oranı parametrelerinin etkileşiminin istatistiksel olarak çok önemli düzeyde etkili

olduğu görülmüştür ( $p < 0.01$ ). Diğer parametrelerle karşılaştırıldığında katalizör miktarı - yağ/alkol molar oranı etkileşiminin TTYB donma noktası sıcaklığının düşürülmesinde daha etkili olduğu görülmüştür. Ana etkiler grafiği incelendiğinde en düşük donma noktası sıcaklığına, % 1 katalizör miktarı ve 1/5 yağ/alkol molar oranı ile üretim yapıldığında ulaşılmıştır.



**Şekil 3.** Donma noktası sıcaklığı üzerine etkili parametrelerin ana etkiler grafiği

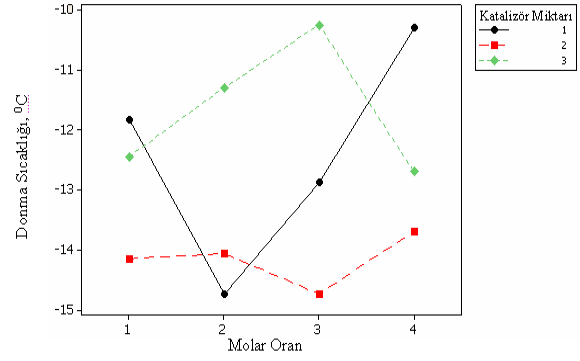
Şekil 4'de karşılıklı etkileşimlerin yer aldığı grafik incelendiğinde istatistiksel analiz sonucunda reaksiyon sıcaklığı parametresinin etkileşimde önemli olmadığı; buna karşılık yağ/alkol molar oranı ve katalizör miktarı parametrelerinin önemli olduğu görülmüştür. Bu durumda % 1 katalizör miktarı ve 1/5 yağ/alkol molar oranında optimal donma noktası sıcaklığı açısından en uygun şartların gerçekleştiği belirlenmiştir.

**Tablo 3.** Tütün tohumu yağı biyodizeli parlama noktası üzerine etkili parametrelerin ANOVA tablosu

Faktörler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	206,526	99,076	14,15	0.000
Yağ/alkol molar oranı	3	100,637	33,546	4,79	0.009
Hata	25	174,992	7,000		
Toplam	30	482,155			

Tablo 3 incelendiğinde TTYB parlama noktası sıcaklığı üzerine yağ/alkol molar oranı ve sıcaklık parametrelerinin istatistiksel olarak çok önemli düzeyde etkili olduğu görülmüştür ( $p < 0.01$ ). Parametreler ve seviyeleri için yapılan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçlarını gösteren ana etkiler grafiği Şekil 5'te görülmektedir.

Ana etkiler grafiği incelendiğinde reaksiyon sıcaklığının 50 °C, yağ/alkol molar oranının 1/6 veya 1/10 olması durumunda parlama noktası sıcaklığı yükseltmektedir. İstatistiksel analizler sonucunda parametreler arasında karşılıklı etkileşim görülmemiştir. Genel olarak deneysel çalışmalarda parlama noktası sıcaklığının 148 - 162 °C arasında değiştiği görülmüştür. Uluslararası standartlarda verilen parlama noktası sıcaklıkları minimum değerleri; ASTM D 6751'de 130 °C ve EN 14214'te 120 °C dir. TTYB'nin parlama noktası sıcaklığı bu standartlarla karşılaştırıldığında oldukça yüksektir.

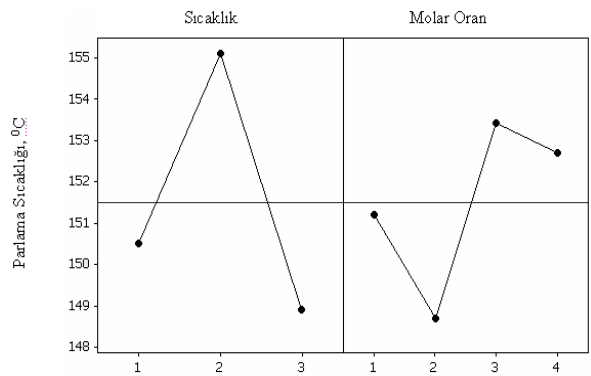


**Şekil 4.** Donma noktası etkileşimler grafiği

Etkileşimler grafiğinde, katalizör miktarı - yağ/alkol molar oranı etkileşimi incelendiğinde katalizör miktarının % 0,5 veya % 1, yağ/alkol molar oranının 1/5 veya 1/6 oranında kullanılarak yapılan TTYB üretimi ile donma noktası sıcaklığının düşeceği görülmektedir. TTYB donma noktası % 1 katalizör miktarı ve 1/5 yağ/alkol molar oranı şartlarında -15 °C'ye kadar düşmektedir.

### 3.3. Parametrelerin TTYB'nin Parlama Noktası Sıcaklığına Etkisi

Parlama noktası bir yakıtın buharının alev aldığı en düşük sıcaklıktır. Kullanım ve depolama güvenliği açısından yakıtların parlama noktası sıcaklığının yüksek olması istenmektedir. Yapılan çok yönlü varyans analizi ile TTYB parlama noktası üzerine etkili olan parametreler Tablo 3 de yer almaktadır.



**Şekil 5.** Parlama noktası sıcaklığı üzerine etkili parametrelerin ana etkiler grafiği

## 4. Sonuç ve Öneriler

Biyodizelin üretim maliyetini oluşturan en önemli etken hammaddedir. Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan yağ içeriği yüksek yerel tütün tohumları, yemeklik yağ sektöründe kullanılmadığı için gıda güvenliğini tehdit etmediği ve aynı zamanda atık bir materyal olduğu için biyodizel üretiminde değerlendirilmiştir. Bu çalışmada üretimi yapılan biyodizelin donma noktası sıcaklığını soğuk şartlarda çalışmaya uygun olarak minimum yapan ve parlama noktası sıcaklığını da kullanım, taşıma kolaylığı ve depolamada güven sağlamak için maksimum yapan üretim parametreleri ve bunların en uygun seviyeleri istatistiksel analizle belirlendi. Literatürde biyodizel yakıtı için yakıtın donma ve parlama noktası sıcaklıkları üzerine etkili olan üretim parametrelerini optimize etmeye yönelik olarak bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar biyodizel üretim verimini optimize etmeye yöneliktir. Bu sebeple de yapılan bu çalışmanın bir eksikliği gidermesi ve bundan sonra yapılacak çalışmalar içinde önemli bir kaynak teşkil etmesi beklenmektedir.

Bu çalışma ile en düşük donma noktası sıcaklığına; % 1 katalizör miktarı ve 1/5 yağ/alkol molar oranı ile çalışma koşullarında, en yüksek parlama noktası sıcaklığına ise, 50 °C reaksiyon sıcaklığı ve yağ/alkol molar oranınının 1/6 veya 1/10 olması koşulunda ulaşılmıştır. Belirlenen bu optimal şartlarda çalışıldığında yakıtın üretim maliyetlerinde de tasarruf sağlanabilecektir.

## Bilgilendirme ve Teşekkür

Bu çalışma, " Tütün Tohumu Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması" isimli doktora tezinden derlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları TÜBİTAK tarafından 105M259'nolu proje kapsamında sağlanan destek ile gerçekleştirilmiştir.

## Çıkar İlişkisi

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

## Kaynaklar

- Agarwal A. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Prog Energy Comb*, 33(3): 233-271.
- Akehurst BC. 1981. Tobacco. Longman Inc Publication. Second Edition, London and Newyork.
- Alptekin E, Çanakçı M. 2006. Biyodizel ve Türkiye'deki durumu. *Mühendis ve Makine*, 47 (561).
- Altın R, Çetinkaya S, Yücesu HS. 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. *Energy Convers Manage*, 42(5): 529-538.
- Altıparmak D, Keskin A, Koca A, Gürü M. 2007. Alternative fuel properties of tall oil fatty acid methyl ester-diesel fuel blends. *Biores Tech*, 98: 241-246.
- Antolin G, Tinaut FV, Briceno Y, Castano V, Perez C, Ramirez AI. 2002. Optimisation of biodiesel production by sunflower oil transesterification. *Biores Tech*, 83: 111-114.
- Atmanlı A, İleri E, Yılmaz N. 2016. Optimization of diesel-butanol-

- vegetable oil blend ratios based on engine operating parameters. *Energy*, 96: 569-580.
- Demirbaş A. 2002. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Convers Manage*, 43: 2349-2356.
- Eshetu B. 2000. *Nicotiana Tabacum L. Seed Oil*. Essential Oil Research Center.
- Ghadge SV, Raheman H. 2006. Process optimization for biodiesel production from mahua (*Madhuca indica*) oil using response surface methodology. *Biores Tech*, 97: 379-384.
- Giannelos PN, Zannikos F, Stournas S, Lois E, Anastopoulos G. 2002. Tobacco seed oil as an alternative diesel fuel: physical and chemical properties. *Ind Crops Prod*, 16: 1-9.
- Gülüm M, Bilgin A, Çakmak A. 2015. Comparison of optimum reaction parameters of corn oil biodiesels produced by using sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH). *J Faculty Eng Arch Gazi Univ*, 30(3): 503-511.
- Hirkude J, Padarkar A, Vedartham D. 2014. Investigations on the effect of waste fired oil methyl ester blends and load on performance and smoke opacity of diesel engine using response surface methodology. *Energy Procedia*, 54: 606-614.
- Hoekman SK, Broch A, Robbins C, Cenicerros E, Natarajan M. 2012. Review of biodiesel composition, properties and specifications. *Renew Sust Energy Rev*, 16: 143-169.
- Karabaş H. 2009. Tütün tohumu yağı metil esterinin dizel motorlarında yakıt olarak kullanılma imkanlarının araştırılması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Karaca E, Aytaç S. 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zir Fak Derg*, 22(1): 123-131.
- Kayahan M. 2007. Yağlı tohumlardan ham yağ üretim teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Kitapları Serisi No:7, Türkiye.
- Kumar N, Chauhan SR. 2013. Performance and emission characteristics of biodiesel from different origins: A review. *Renew Sust Energy Rev*, 21: 633-658.
- Ma F, Hanna MF. 1999. Biodiesel production: A review. *Biores Tech*, 70(1): 1-15.
- Monyem A, Gerpen JH. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. *Biomass Bioen*, 20: 317-325.
- Mukhtar A, Ullah H, Mukhtar, H. 2007. Extraction and characterization of tobacco seed oil. *Asian J Chem*, 18(1): 20-24.
- Özsezen AN, Çanakçı M. 2009. Atık palmye ve kanola yağı metil esterlerinin kullanıldığı direkt püskürtmeli bir dizel motorda performans ve yanma. *Gazi Üniv Müh Mim Fak Der*, 24: 275-284.
- Sahoo PK, Das LM. 2009. Process optimization for biodiesel production from *Jatropha Karanja* and *Polanga* oils. *Fuel*, 88: 1588-1594.
- Salvi BL, Panwar NL. 2012. Biodiesel resources and production technologies: a review. *Renew Sust Energy Rev*, 16: 3680-3689.
- Şimşek R, Aydoğan H. 2016. Ketencik biyodizelinin üretimi ve common rail enjeksiyon sistemli bir motorun emisyonlarına etkisi. *J FCE*, 4: 60-64.
- Sivaramakrishnan K, Ravikumar P. 2014. Optimization of operational parameters on performance and emissions of a diesel engine using biodiesel. *Int J Envir Sci Tech*, 11: 949-958.
- Stanisavljevic I, Lazic ML, Veljkovic VB. 2006. Ultrasonic extraction of oil from tobacco (*Nicotiana tabacum L.*) seeds. *Ultrason Sonochem*, 14: 646-652.
- Usta N. 2005. An Experimental study on performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with tobacco seed oil methyl ester. *Energy Convers Manage*, 46: 2373-2386.

Usta N. 2004. Use of tobacco seed oil methyl ester in a turbocharged indirect diesel engine. *Biomass Bioen*, 28(1): 77-86.  
Veljkovic VB, Lakicevic SH, Stamenkovic OS, Todorovic ZB, Lazic

ML. 2006. Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids. *Fuel*, 85: 2671-2675.